

Prácticas educativas STEAM para fomentar el desarrollo de competencias científico-tecnológicas

Silvina Manganelli^{1,2}

¹ ITU, Instituto Tecnológico universitario, Universidad Nacional de Cuyo

² FCEN, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo

smanganelli@fcen.uncu.edu.ar

Resúmen. Las profesiones, negocios y oportunidades laborales más valiosas en las próximas décadas están relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEAM), por lo cual gran parte de los estudiantes se desempeñarán en profesiones y labores STEAM que hoy en día no existen. ¿Cómo se puede educar a los jóvenes en temas que hoy se desconocen y prepararlos para tomar puestos y carreras que aún no se han inventado? Esta es la razón por la cual debemos formarlos en las competencias necesarias para afrontar los desafíos del siglo XXI. El presente trabajo plantea la necesidad de ampliar las prácticas educativas, las cuales deberían incluir el desarrollo de proyectos tecnológicos interdisciplinarios basados en tecnologías emergentes, que fomenten el desarrollo de competencias científico-tecnológicas en los alumnos pertenecientes a carreras del área de las ciencias exactas e ingeniería, con el objeto de renovarlas y optimizarlas, acorde a los desafíos del siglo XXI.

Palabras Claves: stem, steam, maker, didáctica, competencias, tecnologías emergentes, competencias del siglo XXI, pensamiento computacional

1 Introducción

Las competencias requeridas por los ciudadanos para asumir un papel activo en la sociedad actual, son consideradas como competencias para el siglo XXI [1]. Con el inicio de este siglo, los modelos educativos y los marcos de competencia se han ajustado y reformado para ayudar a insertar a los estudiantes en el ámbito profesional y apoyarlos durante toda la vida, de acuerdo con las demandas contemporáneas. Desde principios del presente siglo, diversos estudios están reflejando un descenso notable en la proporción de estudiantes que optan por las disciplinas científico-tecnológicas. En contraste con ello, se observa que está aumentando la demanda de profesionales cualificados en estos campos. Si ambas tendencias se mantienen, en un futuro cercano, el sistema educativo no va a formar todas las personas que se precisan para cubrir estas necesidades del mercado [2].

Por estos motivos, el desarrollo de programas o iniciativas que fomenten y desarrollen las vocaciones científico-tecnológicas y, en general, las habilidades y competencias relacionadas con la innovación, se han convertido en uno de los objetivos fundamentales de la planificación educativa. En este contexto es donde se ubica la educación STEAM [3].

La educación STEAM se podría enmarcar dentro del aprendizaje basado en problemas o proyectos (ABP), con la particularidad de que la solución al problema

planteado suele ser un objeto tecnológico (un dispositivo, un programa, etc.) [3]. Entre las metodologías activas, las más adecuadas para el desarrollo de las competencias STEAM son: el trabajo por proyecto, el movimiento maker y el pensamiento computacional como estrategias de enseñanza aprendizaje.

En esta comunicación se proponen y describen, dos practicas educativas que integran TICs emergentes (plataforma de hardware de código abierto Arduino y el pensamiento computacional). Se trata de dos proyectos tecnológicos que involucran metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas, el movimiento maker y el pensamiento computacional. En cada práctica participan dos espacios curriculares. Para llevar a cabo el desarrollo de cada actividad, se revisaron cuidadosamente los descriptores, programas y planificación educativa de los espacios involucrados, con el objeto de seleccionar una temática en común, que permitiera el desarrollo de una práctica que aborde los contenidos curriculares, objetivos de aprendizaje y competencias deseadas por ambas cátedras.

1.1 Objetivos

Esta propuesta de actividades tiene como objetivo, desarrollar en los estudiantes habilidades transversales como: la investigación, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad, la comunicación y la colaboración. Como un subgrupo de habilidades se encuentra el Pensamiento Computacional, una práctica intelectual muy importante en el desarrollo de las competencias, habilidad necesaria para una sociedad cada vez más tecnológica.

De forma adjunta, las actividades propuestas, tienden también a contribuir al aumento de la motivación de los estudiantes, el deseo de aprender y a otorgar un mayor dinamismo a la planificación áulica. Lo ideal en este sentido sería llegar a considerar la tecnología como el idioma global del futuro, ya que la digitalización está y estará muy presente en el día a día de todos, y tendrá un fuerte impacto tanto en el desarrollo personal como profesional de los estudiantes.

2 Propuesta de actividades STEAM: Oportunidades de la didáctica de las ciencias para el despliegue STEAM.

Los objetivos STEM requieren el desarrollo de la competencia científica y la competencia tecnológica y es, desde la didáctica de las ciencias donde se pueden hacer aportaciones. La emergencia de espacios y proyectos STEM genera la necesidad de evaluar qué aportaciones a las distintas dimensiones de la competencia científica y tecnológica realizan esas actividades y de qué modo pueden convertirse en vías para su despliegue [4].

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) propone que el alumnado aprenda ciencias emulando el proceso investigativo que sigue la ciencia para crear conocimiento: formular una pregunta investigable, diseñar experimentos y/o recoger y analizar datos, sacar conclusiones de datos, formular una explicación [5].

A continuación se describe una actividad STEAM basada en la indagación y la experimentación científica que incorpora el uso de una **TIC** muy emblemática dentro del mundo maker, la plataforma de hardware de código abierto, Arduino [6].

1. Actividad 1 *Experimentación Científica: Testeo de Humedad*

Esta primera actividad integra a dos espacios curriculares que forman parte del ciclo básico de carreras del área de las ciencias exactas. Estos son:

Ciencias de la Tierra

- Unidad 2: Climatologías, geomorfología y pedología
- Subunidad: Pedología, la formación y estructura del suelo.
- Unidad 4: Protección ambiental y riesgos naturales.
- Subunidad: Riesgo Hídrico

Informática

- Unidad 6: Procesador de textos científicos: Lyx
- Unidad 7: Nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la ciencia
- Subunidad: Herramientas aplicadas a la investigación y/o simulación

El tema de la clase común a las 4 unidades de los espacios curriculares mencionados, será *Interpretación del contenido de humedad del suelo para evitar riego excesivo utilizando sensores de humedad*.

La misma consiste en llevar a cabo una experiencia científica, basada en el testeo de humedad. El objetivo principal es hacer Ciencia, utilizando placas Arduino y un sensor de humedad, luego se realizarán mediciones para llevar a cabo un experimento científico. Se desea probar que un cobertor de plástico, mejorará la retención de humedad en una maceta.

Objetivos de la actividad:

- Afianzar los conceptos y contenidos de ambos espacios curriculares para llevar a cabo la experiencia científica propuesta.
- Fortalecer la apropiación de los contenidos necesarios para lograr los objetivos de aprendizaje planteados en la unidad temática a la cual pertenece la experimentación científica propuesta.
- Estimular el desarrollo de las competencias científicas necesarias para resolver situaciones problemáticas similares
- Estimular vocaciones STEAM en los alumnos
- Estimular el desarrollo de competencias necesarias para abordar los desafíos del siglo XXI

Estrategia de indagación

- Tema (contenido a desarrollar en clase): Interpretación del contenido de humedad del suelo para evitar riego excesivo utilizando sensores de humedad.
- Curso (donde se imparte la clase): 1^{er} Año, ciclo básico de carreras del área de ciencias exactas
- Espacios curriculares participantes: Ciencias de la Tierra, Informática
- Año (de ejecución de la clase): 2021
- Nombre del observador: Silvina Manganelli

1.1. Formulación de la hipótesis

La primera tarea de esta actividad consiste en formular la hipótesis: si se realiza el experimento en una maceta con cobertor plástico y en otra sin cobertor plástico, se tendrá una mayor retención de humedad en la primera maceta, en la maceta que cubrimos con el cobertor plástico.

1.2. Experimentación

La segunda tarea será diseñar el experimento, para ello se utilizarán 3 envases con tierra que simularán las macetas, luego se los impregnará a dos de ellos con agua (100 ml). De esta forma se realizarán dos tratamientos y un control: un envase con tierra y cubierta de plástico, otro envase con tierra y sin cubierta, y como control, un envase con tierra (sin agregar agua).

La variable de control será la humedad del suelo.

1.3. Mediciones

La tercera tarea será realizar mediciones, es aquí donde se introducirá la placa Arduino y un sensor de humedad, para determinar cuanta humedad existe en la tierra.

1.4. Creando código con Arduino

La cuarta tarea será desarrollar el código o programa en Arduino correspondiente para el testeo de humedad

A continuación el código con CIRCUITPYTHON¹, se utilizará como editor de código a MU².

```
# Se lee desde entrada analógica, el nivel de humedad, desde un sensor
conectado a GND, 3.3V, y al pin A6
# Imprime el resultado en la consola serial
import time
import board
import analogio
analogin = analogio.AnalogIn(board.A6)
def getVoltage(pin):
    return (pin.value * 3.3) / 65536
while True:
    print("Analog Voltage: %f" % getVoltage(analogin))
    time.sleep(0.5)
```

Ahora veamos el código con Arduino IDE en Arduino UNO

```
/*De 0 a 300 superficie seca
* 300 a 700 superficie húmeda
* 700 a 950 superficie mojada
*/
void setup () {
    Serial.begin (9600);
}
void loop() {
```

¹ CircuitPython es un lenguaje de programación diseñado para simplificar la experimentación y aprendizaje de programar en microcontroladoras de bajo costo. Está basado en Python

² Mu es un simple editor de código que funciona con las tarjetas CircuitPython de Adafruit. Está escrito en Python y trabaja en Windows, MacOS, Linux y en Raspberry Pi.

```
Serial.print ("Valores detectados: ");
Serial.println (analogRead(0));
delay(100);
}
```

1.5. Registro y evaluación de mediciones

La quinta tarea será registrar las lecturas y luego de 24h medir nuevamente la humedad con el sensor, también comparar las mediciones efectuadas de cada día, durante al menos una semana.

1.6. Emisión de juicios y conclusiones, redacción de un informe en un procesador científico como Lyx

Los alumnos reflexionarán sobre las mediciones efectuadas, y sobre sus hallazgos, durante toda la semana. Realizarán observaciones, comparaciones, analogías, clasificaciones y finalmente emitirán juicios y conclusiones, las cuales volcarán a un informe desarrollado en Lyx

1.7. Retos científicos y tecnológicos

Finalmente se proponen varios retos o desafíos a los alumnos, tanto científicos como tecnológicos.

Retos científicos

- a. Hacer el experimento con más réplicas
- b. Aplicar estadística para determinar si las diferencias no se deben al azar
- c. Comparar el suelo en el jardín y el suelo en una maceta ¿hay diferencias y que explican esas diferencias?
- a. ¿Se esperarían obtener resultados diferentes si los envases de tierra tuvieran una planta?
- b. Comparar días lluviosos y no lluviosos (simplemente colocar el sensor en el jardín)
- c. Medir la humedad del suelo y comparar con los cambios de temperatura en el ambiente ¿Qué sucede? (días de viento, de mucho calor, de mucho frío, días nublados, días de mucho sol, días nublados)
- d. Ahora varíe con diferentes métodos para poder mantener o no la humedad (sol-sombra, diferentes tipos de tierra, etc.)

Retos tecnológicos

- a. Cambie el programa, aplique una alarma que avise cuando a la planta le falta agua y cuando esté demasiado húmeda para evitar el riego (usar el buzzer)
- b. Investigar otros fenómenos, utilizando otros sensores (luz, distancia, color, gases, presión, humedad, temperatura, etc.)
- c. El sensor sirve también para detectar la cantidad de agua en un tanque. ¿Qué proyecto podrían construir?

2. Actividad 2 Resolución de Triángulos Rectángulos con Python

Esta segunda actividad está enfocada en la resolución de problemas, específicamente el alumno deberá resolver dos problemas: el problema matemático, la resolución de una figura formada por triángulos rectángulos y el problema computacional, el desarrollo de un algoritmo que represente una de las posibles soluciones del problema planteado y permita el desarrollo de un producto o programa codificado en un lenguaje de programación, como puede ser Python.

Esta segunda actividad integra a dos espacios curriculares que forman parte del ciclo básico de carreras del área de las ciencias exactas. Estos son:

Introducción a las matemáticas

- Unidad 5: Trigonometría
- Subunidad: Trigonometría en triángulos rectángulos

Informática

- Unidad 7: Nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la ciencia
- Subunidad: Herramientas aplicadas a la investigación y/o simulación

Objetivos de la actividad:

- Afianzar los conceptos matemáticos necesarios para resolver la situación problemática planteada
- Fortalecer la apropiación de los contenidos matemáticos necesarios para lograr los objetivos de aprendizaje planteados en la unidad temática a la cual pertenece el problema
- Estimular el desarrollo de las competencias matemáticas necesarias para resolver situaciones problemáticas similares
- Estimular vocaciones STEAM en los alumnos
- Estimular el desarrollo de competencias necesarias para abordar los desafíos del siglo XXI
- Concebir el pensamiento computacional como una herramienta en Matemática que puede propiciar el despliegue de formas lógicas de pensamiento, necesarias para la construcción de distintos algoritmos que podrían usarse para resolver los problemas.
- Promover el uso del pensamiento computacional no sólo como un objeto de enseñanza en sí mismo, sino como una herramienta que permita mejores aprendizajes matemáticos, favoreciendo también la motivación de los estudiantes

2.1. Resolución del problema matemático

La primera tarea de esta actividad consiste en llevar a cabo la resolución del problema matemático (Fig.1). Se trata de una figura formada por 4 triángulos rectángulos, para poder resolverla, el alumno hará uso de sus conocimientos de trigonometría, teorema de Pitágoras y razones trigonométricas de triángulos rectángulos.

2.2. Resolución del problema computacional

2.2.1. Diseño del algoritmo

La segunda tarea será diseñar el algoritmo correspondiente que represente una de las soluciones posibles al problema.

2.2.2. Desarrollo del pseudocódigo

La tercera tarea será desarrollar el pseudocódigo correspondiente que facilitará el armado y codificación del programa y dará la libertad de elegir el lenguaje de programación deseado no sólo Python

2.2.3. Codificación del producto o programa

Finalmente se llevará a cabo la codificación del producto terminado, programado en Python, aunque puede ser codificado en cualquier lenguaje de programación de alto nivel.

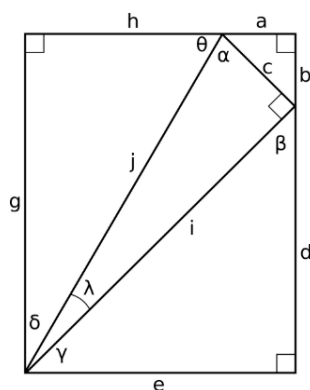


Fig.1 Problema Trigonométrico con Triángulos Rectángulos

```

Algoritmo ProblemaTrigonométrico (pseudocódigo)
Escribir 'RESOLUCIÓN DE TRIANGULOS RECTANGULOS'
Escribir 'Ingrese el lado a de la figura (no nulo, ni
negativo)'
Leer a
Escribir 'Ingrese el mismo valor para el lado b de la
figura'
Leer b
Escribir 'Ingrese ángulo lambda'
Leer lambda
Si a>0 Y b>0 Y lambda>0 Y a=b Entonces
    Escribir 'RESOLVIENDO LA FIGURA'
    // Aplicando Pitágoras
    c <- rc(a^2+b^2)
    Escribir 'El lado c mide: ',c
    // Aplicando razones trigonométricas de triángulos
rectangulos
    lambdarad <- lambda*PI/180
    j <- c/sen(lambdarad)
    Escribir 'El lado j mide: ',j
    // Aplicando teorema de angulos complementarios
    alfa <- 90-lambda
    Escribir 'El ángulo alfa mide: ',alfa
    // Aplicando teorema de la suma de angulos de un
triángulo
    // Aplicando teorema del triángulo rectángulo
isosceles
    epsilon <- 45
    tita <- 180-alfa-epsilon
    Escribir 'El ángulo tita mide: ',tita
    // Aplicando razones trigonométricas de triángulos
rectangulos
    titarad <- tita*PI/180
    g <- sen(titarad)*j
    Escribir 'El lado g mide: ',g
    h <- cos(titarad)*j
    Escribir 'El lado h mide: ',h

```

```

// Para obtener e, usamos la definición de un
rectángulo, sus pares de lados opuestos son iguales
// Contamos con h y a, por lo cual podemos obtener
e
e <- h+a
Escribir 'El lado e mide: ',e
// Para obtener d, también usamos la definición
de un rectángulo, sus pares de lados opuestos son iguales
d <- g-b
Escribir 'El lado d mide: ',d
// Para obtener delta, aplicamos teorema de
ángulos complementarios
delta <- 90-tita
// Para obtener gamma, aplicamos teorema de
ángulos complementarios
gamma <- 90-delta-lambda
// Para obtener Beta, aplicamos teorema de ángulos
complementarios

beta <- 90-gamma
Escribir 'El ángulo delta mide: ',delta
Escribir 'El ángulo gamm mide: ',gamma
Escribir 'El ángulo Beta mide: ',beta
SiNo
Escribir 'Ingrese un número válido, no nulo, no
negativo y los lados a y b deben ser iguales'
FinSi
FinAlgoritmo

```

Consideraciones Finales

En la actividad 1, los alumnos podrán apreciar cómo funciona la ciencia. La ciencia comprende la capacidad de experimentar, la capacidad de razonar, realizar argumentaciones lógicas, racionales. La ciencia comienza siempre con una idea, esa idea genera una proposición concreta, una propuesta de la cual se obtendrán consecuencias, estas consecuencias se transformarán en hipótesis, que se podrán probar.

Si esa idea o teoría, plasmada en una proposición concreta, es Verdadera, entonces existe una serie de consecuencias, o sucesos que van a ocurrir, a partir de ahí surgirán muchas hipótesis que se desearán demostrar.

En la actividad 2, los alumnos podrán apreciar que el pensamiento computacional no es sinónimo de programación. El pensamiento computacional es un proceso de formulación y resolución de problemas que utiliza conceptos de la informática. La programación es una de las herramientas para poner en práctica el pensamiento computacional. Ambos conceptos comparten procesos cognitivos parecidos, son un medio para descomponer y resolver problemas, ponen en práctica la construcción de distintos algoritmos que podrían usarse para la resolución de problemas. Sin embargo la programación, limita sus procesos de resolución de problemas al ámbito de la

informática (para ello, hace uso de diferentes lenguajes de código, de variables o instrucciones de control como bucles y condicionales). Mientras que el pensamiento computacional es universal, pretende resolver problemas del mundo que nos rodea aplicando conceptos informáticos [7].

Por otro lado se eligió a Python como lenguaje de programación, por diversos motivos:

- Lenguaje de alto nivel, presenta gran calidad en su sintaxis
- Puede ser utilizado en múltiples plataformas
- Es libre, gratuito y nos ofrece código abierto
- Python es utilizado en una gran variedad de ámbitos académicos, sobre todo en machine learning y data science. Su ventaja frente a Matlab (otra herramienta utilizada para machine learning) es que esta última no es gratuita.

Pero sobre todo porque fue un pedido común de los alumnos, en las encuestas realizadas a los mismos, tanto el primer día de clase (rapport para evaluar el conocimiento e inquietudes tecnológicas y de aprendizaje por parte de los alumnos) o al finalizar el cursado (comentarios en la evaluación de desempeño docente) Se tuvieron en cuenta estos pedidos, con el fin de incorporar futuras mejoras para la cátedra.

Finalmente cabe destacar que estas actividades forman parte de una prueba piloto, correspondiente a un proyecto de investigación y a un proyecto de posgrado, la cual se realizará con alumnos pertenecientes al ciclo básico de carreras del área de ciencias exactas e ingeniería.

Instrumento de Evaluación

A continuación se detalla los instrumentos de evaluación que se utilizarán para evaluar el nivel o grado de desarrollo de las competencias científicas presente en los alumnos del ciclo básico de carreras del área de las ciencias exactas e ingeniería. Estos instrumentos se aplicarán tanto en su modalidad de pre-test como pos-test. Se han desarrollado dos instrumentos de evaluación, uno para medir el desarrollo de las competencias científico-tecnológico (Fig.2) y otro para medir las competencias necesarias para afrontar los desafíos del siglo XXI (Fig.3).

Instrumento para evaluar competencias científicas

Competencias a evaluar

- Explorar hechos y fenómenos
- Analizar problemas
- Formular Hipótesis
- Observar, recoger y organizar información
- Utilizar diferentes métodos de análisis
- Evaluar los métodos
- Compartir los resultados

Instrumento para evaluar competencias del siglo XXI

Competencias a evaluar

- Pensamiento Crítico
- Colaboración
- Resolución de problemas
- Creatividad
- Pensamiento computacional

Clasificaremos el grado de desarrollo de estas competencias presentes en los alumnos en 5 niveles:

1. Inferior
2. Medio Bajo
3. Medio
4. Media Alto
5. Superior

Instrumento para evaluar competencias científicas

	1. Inferior	2. Medio Bajo	3. Medio	4. Media Alto	5. Superior	
COMPETENCIA CIENTÍFICA	INDICADOR					DESCRIPCIÓN DE LA EVIDENCIA
Explorar hechos y fenómenos						1. Lee y o escucha para explorar el fenómeno
						2. Utiliza diferentes fuentes para explorar fenómenos
						3. Hace inferencias para establecer el fenómeno y la situación problema
Analizar problemas						1. Utiliza diferentes fuentes para analizar un problema
						2. Propone y construye en equipo soluciones a los problemas planteados
						3. Recoge información significativa para resolver el problema
Formular Hipótesis						1. Elabora conjeturas preliminares
						2. Resume los elementos que someterá a estudio
						3. Explica la forma de abordar la relación entre los elementos contenidos en la hipótesis

Fig.2. Extracto del instrumento de evaluación propuesto para evaluar competencias científicas

Instrumento para evaluar competencias del siglo XXI

	Inferior	2. Medio Bajo	3. Medio	4. Media Alto	5. Superior	
COMPETENCIA	INDICADOR					DESCRIPCIÓN DE LA EVIDENCIA
Pensamiento Crítico						1. Componente 1 (C1): Identifica los componentes de una idea o trabajo.
						2. Componente 2 (C2): Explora diferentes perspectivas y posiciones relacionadas con una idea o trabajo.
						3. Componente 3 (C3): Toma posición en comparación con una idea o trabajo.
Resolución de problemas						1. Componente 1 (C1): Analiza los elementos de la situación.
						2. Componente 2 (C2): Explora una variedad de soluciones y desarrolla una solución eficaz teniendo en cuenta el contexto de la situación problemática inicial.
						3. Componente 3 (C3): Pone a prueba las posibles soluciones; las evalúa y adopta un funcionamiento flexible

Fig.3. Extracto del instrumento de evaluación propuesto para evaluar competencias del siglo XXI

Agradecimientos

La autora agradece la ayuda financiera recibida de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la UNCUIYO, para llevar a cabo el Proyecto Bial SIIP Tipo 1 2019-2021, T003 “STEAM un nuevo enfoque didáctico para la formación científica de alumnos pertenecientes a carreras del área de las ciencias exactas, necesarias para afrontar los desafíos del siglo XXI” (aprobado por resolución N° 3922/2019-R). También a las unidades académicas ITU y FCEN Uncuyo, involucradas en el desarrollo del proyecto, por sus prestaciones y excelente predisposición para hacer posible la ejecución de las actividades propuestas.

Referencias

1. El desafío de las vocaciones STEM, <https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2019/09/informe-el-desafio-de-las-vocaciones-stem-digital-af.pdf>
2. Competencias del siglo XXI en proyectos co-tecnocreativos https://www.researchgate.net/publication/323549661_Competencias_del_siglo_XI_en_proyectos_co-tecnocreativos
3. Sánchez Ludeña, E. La educación STEAM y la cultura «maker». Padres Y Maestros / Journal of Parents and Teachers, (379), 45-51(2019).
4. Domènech-Casal, J. Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticos para la Competencia Científica. Ápice. Revista de Educación Científica, 2(2), 29-42 (2018).
5. Domènech Casal, J. STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias, Universitas Tarraconensis. Revista de Ciencias de la Educación, 155-168 (2019)
6. Experimentación Científica (Circuit Playground) <https://www.instructables.com/id/Experimentaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica-Circuit-Playground/>
7. Zapata-Ros, M. Revista De Educación a Distancia (RED), (46). Recuperado a partir de <https://www.um.es/ead/red/46/zapata.pdf> (2015).